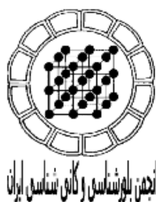
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی

سال سی و یکم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۲، از صفحهٔ ۳۱۹ تا ۳۳۴



بررسی کانی‌شناسی، میانبارهای سیال و نوع کانه‌زایی سرب- روی- باریم ذخیره نیزار، کمربند فلززایی طبس- پشت بادام، شرق ایران

سرگل رحیمی[۱]، علی عابدینی*[۱]، فرهنگ علیاری[۲]، علی اصغر کلاگری[۳]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۲- گروه مهندسی معدن، دانشکده محیط زیست، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه

۳- گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۶/۶، نسخه نهایی: ۱۴۰۱/۹/۲۳)

چکیده: ذخیره سرب- روی- باریم نیزار، در ۲۰ کیلومتری شرق شهر عشق آباد (استان خراسان جنوبی، شرق ایران) واقع بوده و بخشی از کمربند فلززایی طبس- پشت‌بادام است. این ذخیره با واحدهای کربناتی سازندهای جمال (پرمین) و شتری (تریاس) میزبانی می‌شود. کانه‌زایی در این ذخیره به طور عمده با عوامل ساختاری (گسل‌های معکوس) کنترل شده است. گالن، اسفالریت و باریت کانی‌های عمده کانسنگی هستند که با مقادیر کمتر کانی‌های کلسیت، دولومیت، کوارتز، فلوریت، مالاکیت، سروسیت، کوولیت، همی‌مورفیت، هماتیت، گوتیت و اکسیدهای منگنز همراهی می‌شوند. بررسی‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال بر روی بلورهای کلسیت و باریت در این ذخیره انجام شد. هر دو کانی کلسیت و باریت هم زیست و همزاد با رخداد کانه‌زایی سولفیدی سرب و روی هستند. بررسی‌های سنگ‌نگاری میانبارهای سیال نشان دادند که آنها اغلب از نوع دو فازی غنی از مایع هستند. بر اساس بررسی‌های ریزدماسنجی، دماهای همگن شدگی میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت و باریت به ترتیب از ۱۲۰ تا ۲۲۰ و از ۱۱۹ تا ۱۹۹ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کنند. شوری میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت و باریت نیز تغییراتی به ترتیب در گستره های ۱۰٫۱۲-۲۳٫۵۰ و ۱۹٫۶-۲۳٫۱۰ معادل درصد وزنی نمک طعام نشان می‌دهند. به طور کلی، بررسی های ریزدماسنجی آشکار نمودند که سرد شدن ساده و جوشش روند تکاملی اصلی برای نهشت کانیهای کانسنگی و باطله توسط سیال های گرمابی با خاستگاه رسوبی بوده‌اند. بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی‌های صحرایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت و یافته‌های ریزدماسنجی، ذخیره سرب-روی-باریم در نیزار شباهت بسیاری با کانسارهای سرب- روی-باریم نوع دره می‌سی‌سی‌پی (MVT) دارد.

واژه‌های کلیدی: *کانی‌سازی سرب - روی- باریم؛ میانبارهای سیال؛ نوع دره می‌سی‌سی‌پی؛ نیزار؛ ایران.*

مقدمه

ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان آواری-کربناتی و کربناتی مهمترین منابع تامین کننده سرب و روی در دنیا به شمار می‌روند [۱-۴]. پراکندگی و رخنمون‌های قابل توجه از سنگ‌های کربناتی در پهنه‌های مختلف ساختاری ایران سبب تشکیل ذخایر متعددی از سرب و روی در این توالی‌های رسوبی شده‌اند. تاکنون کانسارها و نشانه‌های معدنی روی و سرب با سنگ میزبان رسوبی متعددی در ایران گزارش گردیده‌اند. اغلب آنها در سنگ‌های کربناتی و در مقادیر کمتر در سنگ‌های تخریبی، در دوره‌های زمانی مختلف از کامبرین پیشین تا کرتاسه پسین تشکیل شده و گسترش یافته‌اند [۵]. بررسی چگونگی پراکندگی کانسارهای روی- سرب با سنگ میزبان رسوبی در ایران نشان دهنده توزیع و گسترش آنها در ارتباط با دگرگونی های زمین ساختی اساسی پوسته ایران است [۵، ۶]. اغلب این

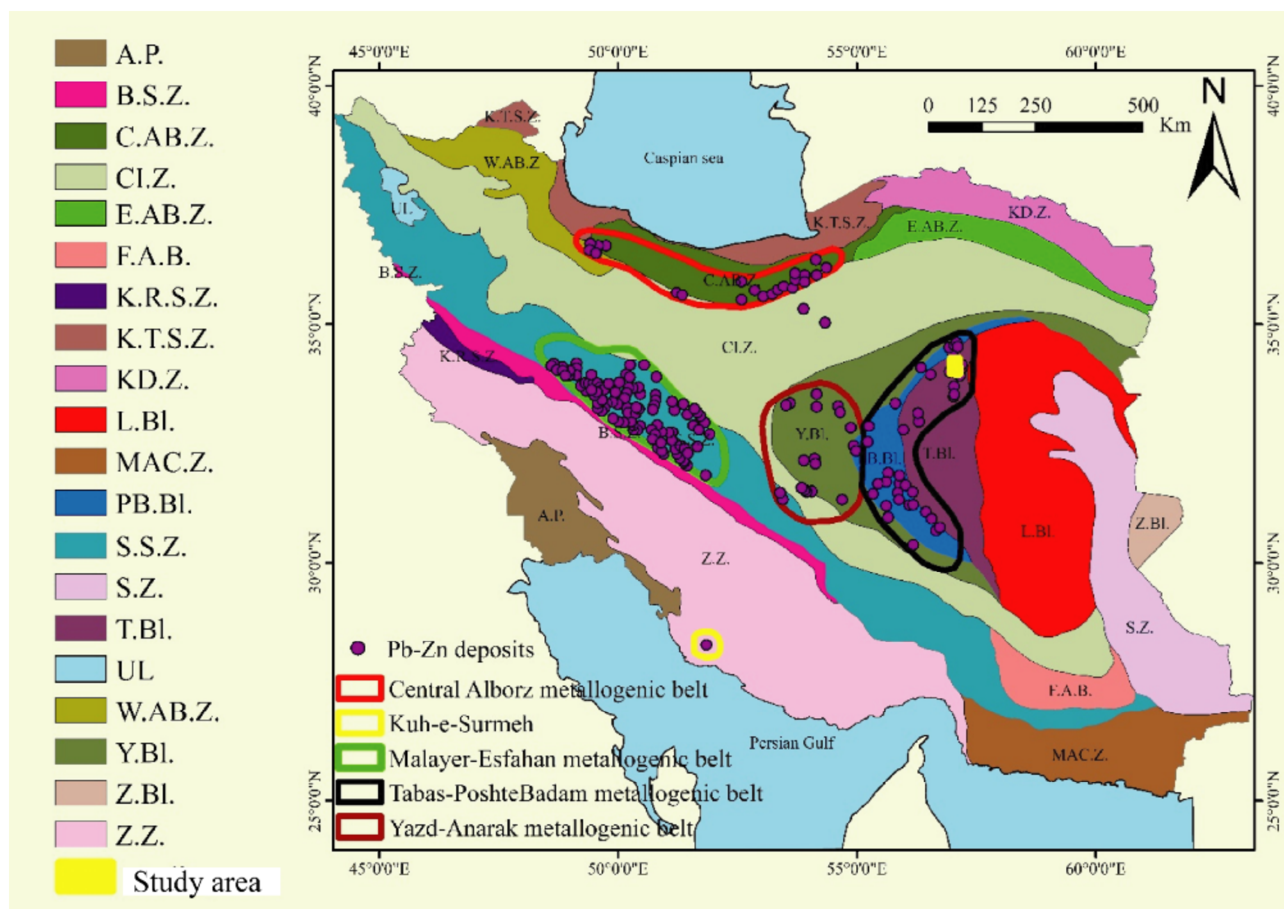
*نویسنده مسئول، تلفن: ۳۲۹۷۲۱۳۴ (۰۴۴)، نمابر: ۳۲۷۷۶۷۰۷ (۰۴۴)، پست الکترونیکی: a.abedini@urmia.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]
[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]

ذخایر در چهار کمربند فلززایی اصلی البرز مرکزی، طبس- پشت بادام، ملایر - اصفهان و یزد- انارک تمرکز دارند (در پهنه‌های ایران مرکزی و زاگرس نیز ذخایری از این نوع کمابیش گزارش شده‌اند؛ شکل ۱).

ذخایر سرب و روی موجود در کمربند فلززایی طبس- پشت بادام به طور عمده در سنگ‌های کربناتی سازندهای شتری، جمال، شمشک، بغمشاه و قلعه‌دختر گسترش یافته‌اند [۶، ۷]. بخش شمالی پهنه طبس از نظر توانایی تشکیل و گسترش ذخایر سرب، روی و باریت اهمیت بسیاری دارند [۷]. در این بخش از ایران، ذخایر متعددی از جمله ملوند، نیزار، آبخورک، چاه سرب، کوه ماری، اوشک، گردو، ازبک‌کوه، شوره، قلعه، رقه، سیبزار، قوچ کوهی، کالار، تلخ آب، دق‌سراجیو، پشت‌کله، گوش‌کمر، نیگنان، بیدو، کویرو، قواستو و کوه‌سیاه پی جویی و شناسایی شده‌اند [۷-۱۰].

ذخیره سرب، روی و باریت نیزار به عنوان یکی از ذخایر شاخص موجود در کمربند فلززایی طبس- پشت بادام، در ۲۰ کیلومتری شرق شهر عشق‌آباد، استان خراسان جنوبی، شرق ایران واقع است. کانه‌زایی در این ذخیره در چند موقعیت و در رسوب‌های مزوزوئیک رخ داده است. تاکنون پژوهش جامع و کاملی پیرامون ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسنگ و ویژگی‌های میانبارهای سیال این ذخیره انجام نشده است. در این پژوهش، براساس بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی، یافته‌های به نسبت کاملی از کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسنگ، ویژگی‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال و سرانجام نوع کانه‌زایی ذخیره نیزار ارائه می‌شود.



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی ساختمانی ایران که توزیع کانسارهای روی و سرب با میزبان رسوبی در کمربندهای فلززایی چهارگانه البرز مرکزی، طبس-پشت بادام، ملایر اصفهان، یزد انارک و زاگرس همراه با موقعیت منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد [با اعمال تغیرات از مرجع ۵]. علائم اختصاری عبارتند از: .Z.Z: زون زاگرس، .MAC.Z: زون مکران، .F.A.B: حوضه پیش قوس، .Z.Bl: بلوک زابل، .A.P: پلاتفرم عربی (دشت خوزستان)، .S.Z: زون سیستان، .T.Bl: بلوک طبس، .L.Bl: بلوک لوت، .PB.Bl: بلوک پشت بادام، .K.R.S.Z: زیر زون رادیولاریت کرمانشاه، .Y.Bl: بلوک یزد، .B.S.Z: زیر زون بیستون، .K.T.S.Z: زیر زون خزر-تالش، .E.AB.Z: زون البرز شرقی، .C.AB.Z: زون البرز مرکزی، .KD.Z: زون کپه داغ، .W.AB.Z: زون البرز غربی، UL: دریاچه ارومیه، .S.S.Z: زون سنندج- سیرجان و .CI.Z: زون ایران مرکزی.

روش بررسی

پس از پیمایش‌های صحرایی، تعداد ۱۰۰ نمونه از واحدهای سنگی و ماده معدنی منطقه مورد بررسی برداشت گردید. از بین آنها، تعداد ۳۰ نمونه از مواد معدنی و سنگ‌های درونگیر برای تهیه مقاطع نازک و صیقلی انتخاب و ویژگی‌های سنگ-نگاری و کانه‌نگاری آنها با میکروسکوپ دو منظوره بررسی شد. در این بررسی‌ها، بافت و ساخت و روابط ژنتیکی کانی‌های موجود در کانسنگ تعیین شدند. افزون بر این، تعداد ۶ نمونه کانسنگی برای شناسایی فازهای کانیایی نامشخص به روش پراش پرتو X (XRD) انتخاب شدند. این کار با پراش سنج زیمنس مدل D-5000 با پرتوی Cukα، تکفام ساز گرافیت ثابت شده، ولتاژ ۴۰ کیلو ولت، جریان ۴۰ میلی آمپر، سرعت روبش ۲ درجه در دقیقه و بازه اسکن ۴ الی ۶۰ درجه در آزمایشگاه زرآزمای ماهان کرمان انجام شده است.

برای بررسی میانبارهای سیال و اندازه‌گیری‌های ریز -دماسنجی، تعداد ۴ مقطع دوبر صیقل از کانی‌های باریت و کلسیت همزمان با کانه‌زایی فلزی تهیه گردید. بررسی های سنگ‌نگاری میانبارهای سیال و اندازه‌گیری پارامترهای ریزدماسنجی شامل دما، فشار و شوری در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تبریز انجام شد. بررسی‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال با ریزدماسنج لینکام مدل THMSG60 گرم کننده و منجمد کننده متصل به میکروسکوپ المپوس BX60 صورت گرفت. گستره دمایی دستگاه ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد بود. واسنجی دستگاه با میانبارهای سیال دوفازی استاندارد در دمای ذوب یخ صفر درجه سانتی‌گراد و دمای همگن شدگی حدود ۳۷۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد. نمونه استاندارد استفاده شده H_2O-CO_2 با نقطه ذوب CO_2 جامد در دمای ۵۶٫۶- درجه سانتی‌گراد بود. برای تعیین چگالی و شوری در زمان به دام افتادن میانبارهای سیال از بسته نرم افزاری Fluid Inclusions V.2 برای سامانه سیال $H_2O-NaCl$ [۱۱] استفاده شد. میزان شوری بر حسب درصد وزنی معادل نمک طعام (wt% NaCl eq.) و براساس دمای پایانی ذوب یخ (Tm_{ice}) برای میانبارهای سیال دوفازی محاسبه گردید. چگالی سیال با استفاده از دمای همگن‌شدگی و شوری برآورد شد. ویژگی‌های میانبارهای سیال مورد بررسی، در دمای اتاق و بر اساس معیارهای ارائه شده توسط روئیدر [۱۲] و شِپرد و همکاران [۱۳] تعیین گردیدند. همچنین، نسبت‌های فاز بخار/سیال با استفاده از جدول استاندارد پیشنهادی توسط شِپرد و همکاران [۱۳] ارزیابی شدند.

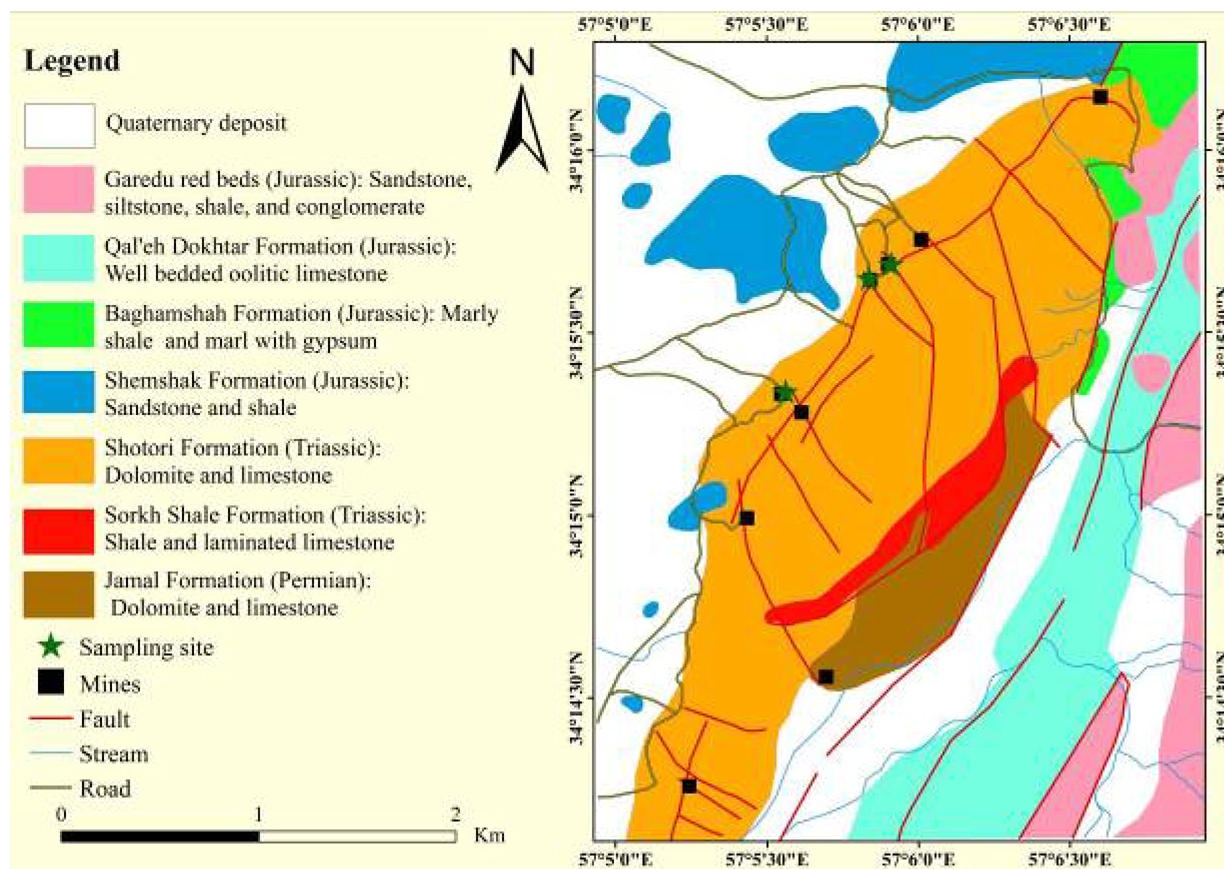
زمین‌شناسی

ذخیره نیزار در بخش شمالی قطعه طبس، در خرده صفحه ایران مرکزی و در شمال رشته کوه‌های شتری قرار دارد. رخنمون‌های سنگی بخش شمالی قطعه طبس اغلب واحدهای سنگی وابسته به پالئوزوئیک و مزوزوئیک هستند [۱۴]. از ویژگی های بارز این ناحیه از ایران می‌توان به رخ ندادن فعالیت‌های آذرین و دگرگونی اشاره کرد [۱۴، ۱۵]. قدیمی-ترین واحد سنگی در منطقه مورد بررسی، سنگ‌های کربناتی زرد و خاکستری رنگ ضخیم لایه وابسته به سازند جمال به سن پرمین هستند. بر این سازند، شیل‌ها و سنگ آهک‌های سازند سرخ شیل وابسته به تریاس قرار دارند. این واحدهای سنگی با سنگ‌های کربناتی زرد تا نخودی‌رنگ سازند شتری به سن تریاس پوشیده شده‌اند (شکل ۲). واحدهای یاد شده در معرض گسل‌هایی با راستای غالب شمال غربی-جنوب شرقی (NW-SE)، شمال شرقی-جنوب غربی (NE-SW) و شرقی-جنوبی (E-S) قرار گرفته‌اند.

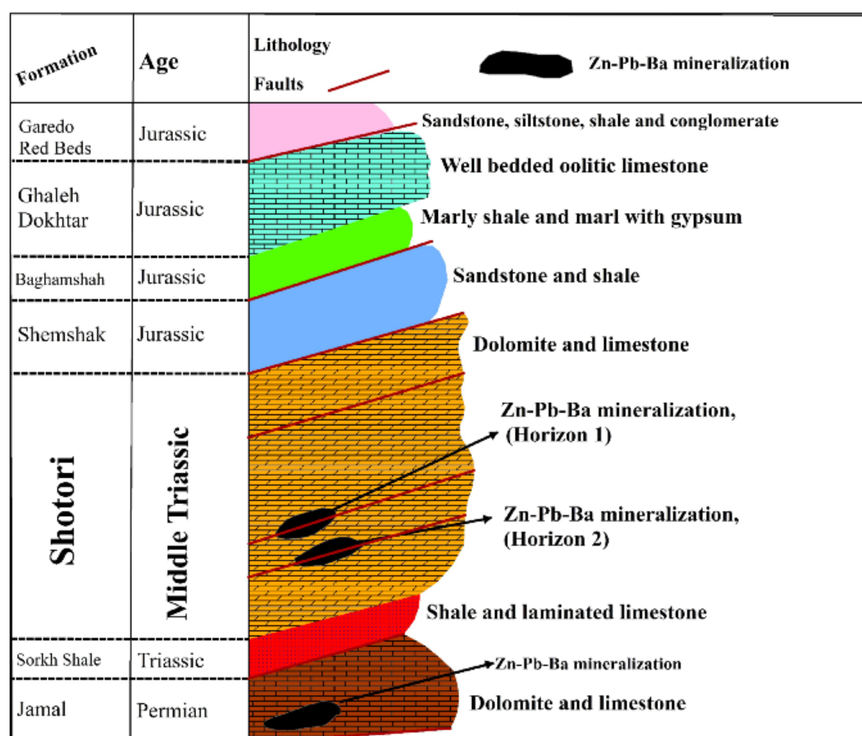
از دیگر سازندهای مزوزوئیک در منطقه مورد بررسی می-توان به سازند شمشک به سن ژوراسیک اشاره کرد که به صورت تپه‌های کوچک فرسایش یافته رخنمون دارند. از نظر سنگ‌شناسی، این سازند شامل ماسه‌سنگ و شیل همراه با بقایای گیاهی است. سازندهای بغمشاه با ترکیب سنگ‌شناسی شیل مارنی، مارن و گچ از دیگر سازندهای وابسته به ژوراسیک در منطقه هستند (شکل ۲). افزون بر این، سازند قلعه دختر وابسته به سن ژوراسیک نیز در منطقه حضور دارد و بیشتر شامل آهک اوُلیتی آواری به رنگ آبی مایل به خاکستری است. سازند گره‌دو شامل ماسه‌سنگ، گل‌سنگ، شیل و کنگلومرا به سن ژوراسیک نیز در منطقه برونزد دارد. سرانجام، رسوب‌های آبرفتی عهد حاضر جوان‌ترین تشکیلات موجود در منطقه نیزار هستند.

کانه‌زایی در منطقه مورد بررسی در چند افق و درون سازندهای جمال و شتری رخ داده است. در سنگ‌های کربناتی سازند جمال، کانه‌زایی سرب و روی به شکل توده‌ای، رگه-رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی در راستای سامانه گسلی با راستای NE-SW گسترش یافته است. بیشترین رخنمون واحدهای سنگی در منطقه مربوط به سنگ‌های کربناتی سازند شتری بوده که میزبان کانه‌زایی اقتصادی سرب، روی و باریت است. ستون چینه‌شناسی منطقه معدنی نیزار و تصاویری از سازندهای آن در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده‌اند [۱۴، ۳۲۱، ۱۵].

[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]
[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]



شکل۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه نیزار (شرق عشق‌آباد). برگرفته از مرجع [۱۵] با کمی تغییرات.



شکل ۳ ستون چینه‌شناسی از واحدهای زمین‌شناسی منطقه نیزار (شرق عشق‌آباد). برگرفته از مرجع [۱۵] با کمی تغییرات.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]
[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]



شکل ۴ (الف) تصویری از سازند شتری در منطقه معدنی نیزار که موقعیت افق ۱ کانه زایی نیزار در آن نشان داده شده است. (ب) تصویری از دهانه تونل دسترسی افق ۲ ذخیره نیزار، (پ) تصویری از توالی سازندهای شتری و شمشک در ناحیه نیزار (دید به سمت غرب) (ت) تصویری از موقعیت سازندهای بغمشاه و شمشک (دید به سمت شمال) در منطقه معدنی نیزار.

دگرسانی و کانه‌زایی

ذخیره نیزار درون سنگ‌های کربناتی سازند شتری (دولومیتی خاکستری و نخودی رنگ همراه با سنگ‌آهک‌های دولومیتی خاکستری) و در دو افق مجزا تشکیل شده است [۱۵]. در افق اول (در بخش شمالی‌تر منطقه)، سنگ میزبان کربناتی دستخوش دگرسانی‌های گسترده دولومیتی، هماتیتی و سیلیسی شده و کانه‌زایی به شکل جانشینی، پرکننده حفره‌های خالی و رگه-رگچه‌ای در راستای گسلی با روند NE-SW گسترش یافته است. رگه-رگچه‌های این افق به چهار صورت دولومیت-کوارتز-باریت، دولومیت-باریت-گالن، دولومیت-باریت-گالن- فلوریت- مالاکیت و دولومیت-فلوریت- مالاکیت دیده می‌شوند و در کل دارای ضخامتی متغیر از ۱ تا ۵۰ سانتی‌متر هستند. افق دوم نیزار (بخش جنوبی‌تر) در بخش زمین‌ساخته‌تر سازند شتری تشکیل شده است. کانسنگ سرب، روی و باریت در افق دوم نیز به صورت جانشینی، رگه-رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی و در راستای گسلی با روند NE-SW با شیب ملایم گسترش یافته است [۱۵]. رگه-رگچه‌های این افق به صورت‌های دولومیت-کوارتز، دولومیت-کوارتز-اسفالریت-گالن، دولومیت-گالن، دولومیت-باریت-گالن و دولومیت-کوارتز-گالن-باریت-مالاکیت هستند. سنگ میزبان کربناتی در این بخش دچار دگرسانی‌های شدید دولومیتی، سیلیسی و هماتیتی شده است. شدت دگرسانی در افق دوم بیشتر از افق اول است. بر این اساس می‌توان گفت که در منطقه سه مرحله فعالیت سیال رخ داده است. به نظر می‌رسد که فعالیت سیال در مرحله‌های اول و دوم سبب کانه‌زایی گسترده در سنگ‌های کربناتی سازند شتری و تشکیل ذخیره نیزار شده است. در مرحله سوم، سیال بیشتر موجب تشکیل بلورهای دانه درشت کلسیت در خلل و فرج و رگه رگچه‌های ایجاد شده بر اثر زمین‌ساخت شدید منطقه گردیده است.

کانه‌زایی در ذخیره نیزار به صورت دیرزاد و در ارتباط با کنترل کننده‌های ساختاری در راستای گسل‌های موجود در واحد کربناتی سازند شتری رخ داده است. در این ذخیره، کانی-سازی به روشنی از لایه‌بندی سنگ میزبان پیروی نمی‌کند؛ از اینرو، شواهدی از چینه‌سان بودن ذخیره دیده نمی‌شود و می‌توان آن را در رده ذخایر چینه‌کران در نظر گرفت. به نظر می‌رسد که ساختارهای زمین‌شناسی نقش مهمی در گسترش ذخیره داشته‌اند. میزان گسترش پهنه کانه‌زایی

[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]
[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]

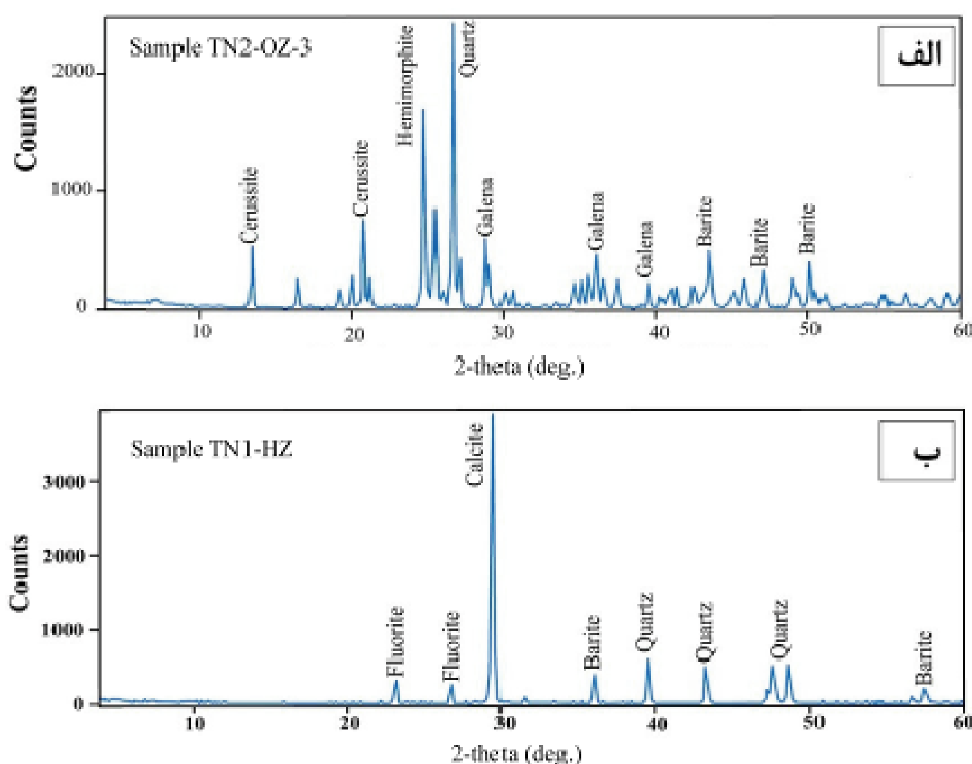
[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]

[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]

پیرامون گسل‌ها قابل توجه است و با دور شدن از گسل‌ها از گستره پهنه کانه‌زایی به تدریج کاسته می‌شود. ذخیره نیزار تغییرات متفاوتی از میزان کانه‌زایی باریت، سرب و روی را نشان می‌دهد. در افق اول، میزان کانه‌زایی باریت و سرب نسبت به روی بیشتر بوده، در حالی که در افق دوم، میزان کانه‌زایی سرب و روی بیشتر از باریت است.

کانی‌شناسی، بافت و ساخت کانسنگ

بررسی‌های کانی‌شناسی نشان می‌دهند که کانسنگ به ترتیب فراوانی از گالن و اسفالریت همراه با مقادیری بسیار جزئی پیریت و کالکوپیریت تشکیل شده است. کلسیت، دولومیت، باریت، فلوئوریت و کوارتز کانی‌های باطله همراه هستند. فرآیندهای ثانویه رخ داده پس از کانه‌زایی اولیه، سبب تشکیل و گسترش کانی‌های ثانویه روی، سرب، مس و آهن از جمله همی‌مورفیت، سروسیت، کوولیت، مالاکیت، هماتیت و گوتیت همراه با اکسیدهای منگنز در کانسنگ شده‌اند. نتایج XRD نمونه‌های سنگ میزبان و کانسنگ ذخیره نیزار نیز رخداد کانیهای نام برده را تایید می‌کنند (شکل ۵ و جدول ۱). بافت‌های غالب کانسنگ رگه-رگچه‌ای، افشان، جانشینی، پرکننده فضای خالی و گل کلمی هستند. توالی تشکیل کانی‌های ذخیره در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل۵ (الف) و (ب) دو الگوی برگزیده XRD از نمونه‌های مورد بررسی از ذخیره نیزار.

جدول ۱ نتایج XRD نمونه‌های بررسی شده در ذخیره نیزار.

شماره نمونه	کانی‌های شناسایی شده
TN1-HZ	کوارتز، کلسیت، باریت، فلوئوریت
TN1-OZ-2	کوارتز، گالن، باریت، فلوئوریت، هماتیت، گوتیت، همی‌مورفیت، سروزیت
TN1-OZ-4	کوارتز، گالن، باریت، گوتیت، سروزیت، همی‌مورفیت
TN2-HZ	کوارتز، کلسیت، فلوئوریت، باریت، هماتیت
TN2-OZ-3	کوارتز، سروزیت، همی‌مورفیت، گالن، باریت
TN2-OZ-9	کوارتز، سروزیت، همی‌مورفیت، باریت، گالن



شکل ۶ توالی تشکیل کانی‌ها در ذخیره نیزار.

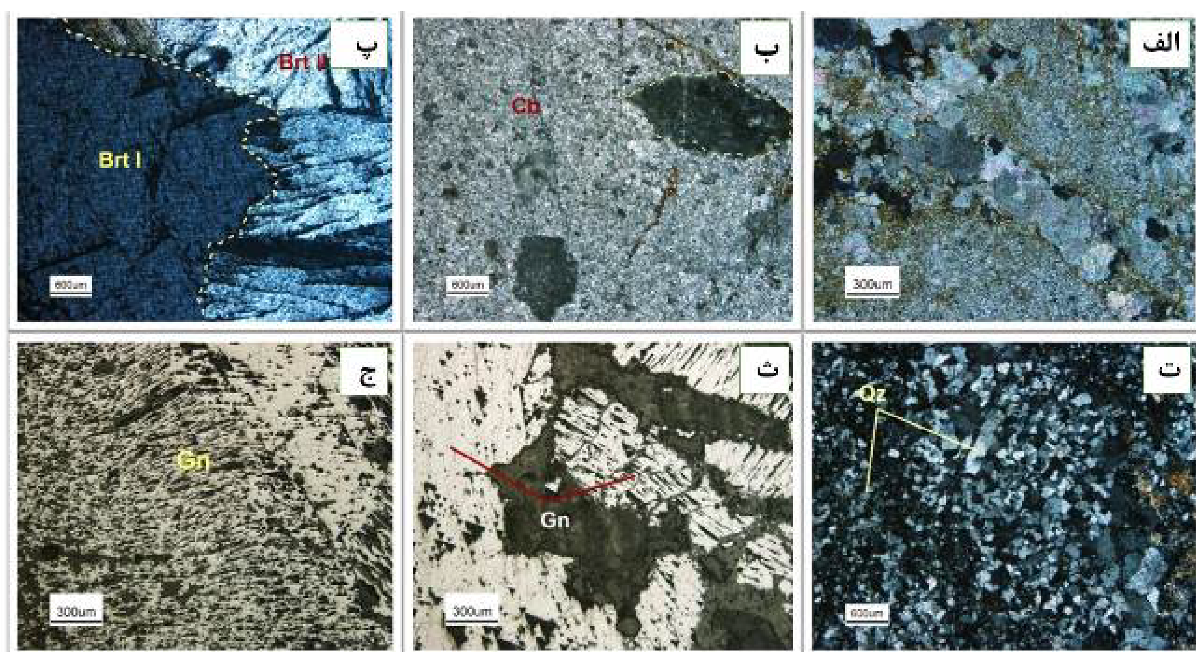
کلسیت‌ها به شکل‌های درشت‌بلور، ریزبلور و رگچه‌ای تشکیل شده‌اند. کلسیت شفاف‌بلور به صورت سیمان حفره ها را پر نموده و همچنین اثر فرآیندهای گرمابی و بازتبلور با رشد بلورهای کلسیت و از بین رفتن آثار سنگواره‌ای همراه بوده است. دولومیت به صورت بلورهای درشت و ریز لوزی‌شکل، پرکننده حفره ها، جانشین سنگواره‌ها و سرانجام رگچه‌ای دیده می‌شود (شکل‌های ۷ الف و ب). دولومیت‌های درشت بلور از لبه دارای پهنه‌های رشد هستند و مقدار این نوع دولومیت‌ها در برخی رگچه‌ها به بیشتر از ۵۰ درصد می‌رسد. دولومیت‌های درشت و ریزبلور همراه با دولومیت‌های پرکننده فضاهای خالی پیش از و یا همزمان با گالن تشکیل شده‌اند. دولیت‌های رگچه‌ای در اغلب مقاطع سایر انواع دولومیت و گالن را قطع نموده‌اند. مقدار این نوع دولومیت کمتر از سایر دولومیت هاست.

باریت در ذخیره نیزار در سه نسل متفاوت تشکیل شده است. باریت‌های نسل اول درشت‌بلور، بسیار شفاف و با رنگ خاکستری تیره (و اندازه گاهی تا ۶ میلی‌متر)، در زمینه‌ای از بلورهای کشیده نسل دوم باریت (با شفافیت کمتر و رنگ روشن‌تر) قرار دارند. در برخی بلورهای کشیده نسل دوم، خمش نوارشکنجی نیز دیده می‌شود. باریت‌های درشت تا متوسط بلور، کانه گالن را در برگرفته‌اند. باریت‌های درشت بلور نسل‌های اول و دوم در زمینه‌ای از باریت‌های ریزبلور نسل سوم قرار دارند. این باریت‌ها همراه با کوارتز ریزبلور دیده می‌شوند و گاهی کانه گالن را قطع کرده‌اند که بیانگر تشکیل آنها پس از گالن است (شکل ۷ پ). کوارتز به صورت بلورهای درشت و ریز، در رگچه‌های مرحله کانه‌زایی همراه با دولومیت، باریت و گالن، به شکل قطعه‌ها و سیمان بِرشی تشکیل شده است (شکل ۷ ث).

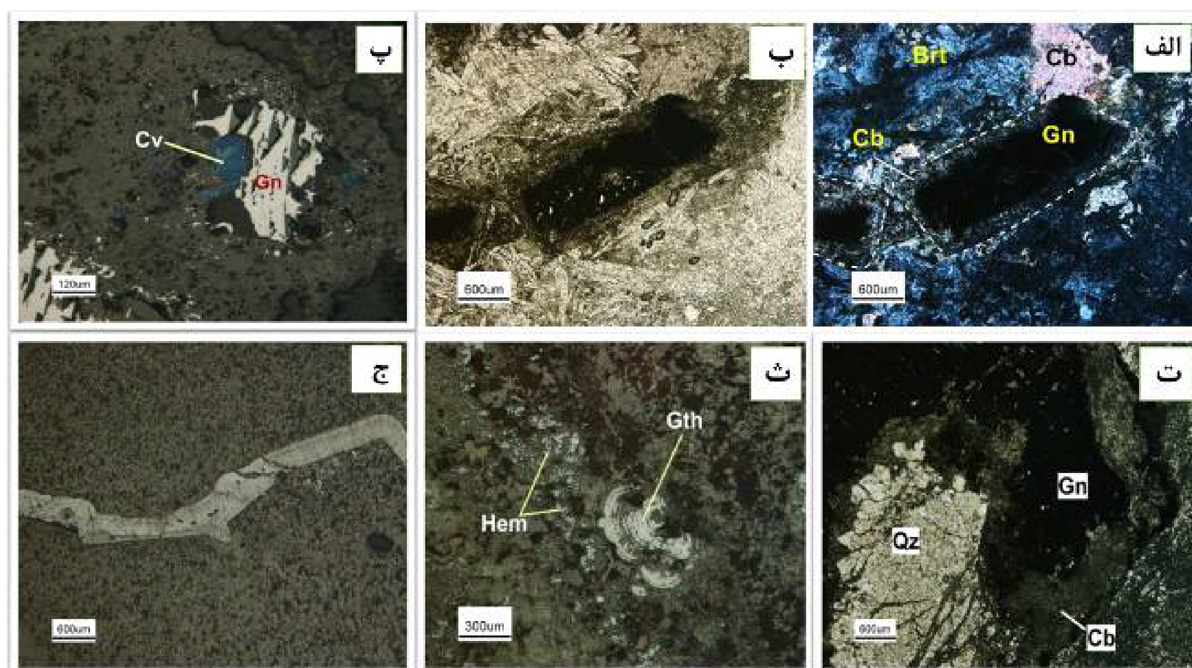
گالن به عنوان فراوان‌ترین کانه سولفیدی درونزاد ذخیره نیزار، اغلب به صورت بلورهای درشت نیمه‌شکل‌دار، بِرشی شده و با رخ‌های مثلثی شاخص (پیت) قابل تشخیص است. این کانه بیشتر با بلورهای کشیده شده باریت، کوارتز و انواع کانی‌های کربناتی دربرگرفته شده است. دمای تشکیل و زمین‌شیمی محلول کانه‌ساز بر شکل کانی گالن اثر دارند [۱۶، ۱۷]. عواملی چون تفاوت سرعت آمیختگی سیال های کانه‌ساز، فضای رشد، تعداد و سرعت هسته‌زایی ارتباط مستقیمی با اندازه کانی‌های سولفیدی دارند [۱۸]. برخی از بلورهای گالن در اثر فرآیندهای زمین ساختی و دگرشکلی‌های بعدی دچار تغییراتی در بافت اولیه خود شده و رخ‌های مثلثی آن‌ها به شکل کشیده درآمده‌اند (شکل‌های ۷ ت و ج). جانشینی این کانی سولفیدی با کربنات ریزبلور در برخی از مقاطع نشان دهنده حضور کربنات سرب (سروسیت) در ذخیره نیزار است (شکل‌های ۸ الف تا ت). کوولیت اغلب به صورت بلورهای کوچک با رنگ آبی نیلی و ناهمسانگردی شاخص نارنجی رنگ و با فراوانی کمتر، از جمله کانی‌های ثانویه بوده که در اثر فرآیندهای برونزاد در لبه‌های کانه گالن گسترش یافته است (شکل ۸ پ). کالکوپیریت در مقاطع صیقلی به طور واضح دیده نشد، اما می‌توان ادعا کرد که کوولیت و مالاکیت در اثر تجزیه این کانی تشکیل شده باشند. اسفالریت به صورت میانبارهای بسیار کوچک درون گالن دیده می‌شود. پیریت نیز با فراوانی بسیار کم در متن کانسنگ و به ویژه در کانی‌های کربناتی پراکنده است.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]

[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]



شکل ۷ تصاویر میکروسکوپی از سنگ‌های کربناتی و رگه‌های کانه‌دار ذخیره نیزار. (الف): رگه رگچه‌های کربناتی در زمینه میکرایت با آغشتگی اکسیدآهن (در نور قطبیده متقاطع XPL). (ب): قطعه‌های کوچک زاویه دار کربنات ریز بلور با پوشش میکرایتی (XPL). (پ): دو نسل متفاوت از کانی باریت (Brt)(XPL). (ت): بلورهای ریز و درشت کوارتز در رگچه (XPL). (ث): بلورهای بی‌شکل گالن در زمینه‌ای از باریت(PPL). (ج): خمیدگی در راستای رخ‌های گالن در اثر فرآیندهای زمین ساختی (PPL). ۲ علایم اختصاری به کار رفته : Cb: کربنات، Brt: باریت، Gn: گالن و Qz: کوارتز.



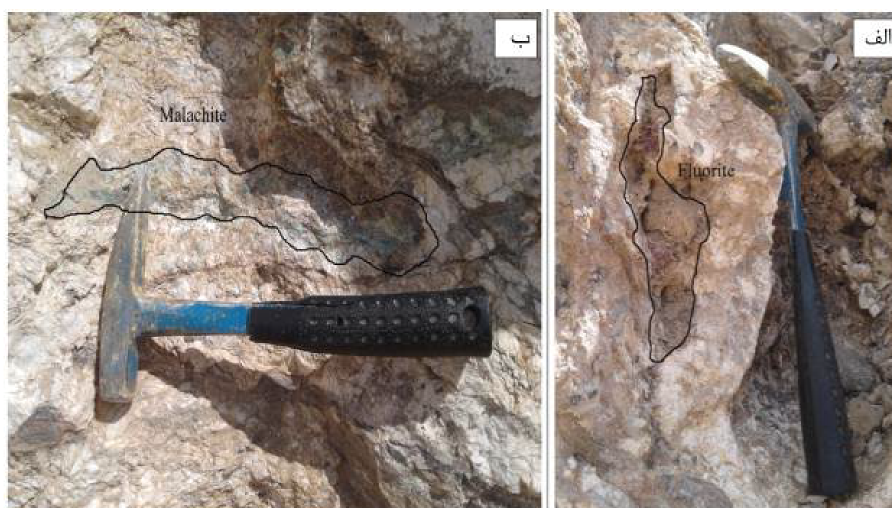
شکل ۸ تصاویر میکروسکوپی از سنگ‌های کربناتی و رگه‌های کانه‌دار ذخیره نیزار. (الف): جانشینی گالن توسط کربنات از لبه (XPL)، (ب): تصویر الف در نور PPL. (پ): بلور بی شکل گالن احاطه شده توسط کوولیت (نور قطبیده صفحه‌ای PPL) . (ت):تشکیل کربنات سرب در لبه کانه گالن (PPL). (ث): کانی‌های گوتیت و هماتیت به شکل دانه پراکنده و گل کلمی (PPL). (ج): کانی گوتیت به صورت لایه بسیار نازک در میان کربنات (PPL). علایم اختصاری به کار رفته: Cb: کربنات، Brt: باریت، Gn: گالن، Qz: کوارتز و Cv: کوولیت.

همی‌مورفیت با بافت پرکننده فضاهای خالی نتیجه عملکرد فرآیندهای برونزد بر اسفالریت است. هماتیت و گوتیت اغلب به صورت لایه‌های بسیار نازک و تا حدی افشان و گاهی به صورت بافت گل کلمی بین کانی‌های کربناتی دیده می‌شوند. لایه‌های نازک کانی‌های هماتیت و گوتیت از یک سمت به کربنات‌های ریز بلور و از سمت دیگر به کربنات‌های درشت بلور می‌رسند. در این بین، هماتیت با ناهمسانگردی مشخص اغلب به صورت افشان بوده و نتیجه آب‌زدایی گوتیت است. گوتیت نیز به نوبه خود اغلب به صورت لایه‌های خاکستری‌رنگ و با بافت شاخص گل کلمی قابل شناسایی است (شکل‌های ۸ ت و ج). اکسیدهای منگنز به صورت دارینه‌ای سطح سنگ کربناتی را می‌پوشانند. مالاکیت بیشتر در نمونه‌های دستی قابل تشخیص است و در رگه-رگچه‌ها همراه با فلوئوریت در سطح و نزدیک سطح دیده می‌گردد. فلوئوریت نیز به شکل بلورهای خودشکل شفاف بنفش رنگ در رگه-رگچه‌ها بیشتر همراه با مالاکیت، باریت و گالن قابل مشاهده است (شکل ۹).

سنگ‌نگاری میانبارهای سیال

بررسی میانبارهای سیال ذخیره نیزار برای ۴ مقطع دوبر صیقل و اندازه‌گیری های ریزدماسنجی برای ۷۶ میانبار سیال انجام شد. بر اساس نتایج ریدلی [۱۹]، میانبارهای سیال مناسب برای ریزدماسنجی در بلورهای کلسیت و باریت انتخاب شدند، زیرا این کانیها همزمان با تشکیل فازهای کانه‌زایی اصلی در منطقه شکل گرفته‌اند. بر اساس تقسیم بندی زایشی و زمان به دام افتادن میانبارهای سیال [۲۰]، میانبارهای سیال موجود در این بلورها اغلب از نوع اولیه و در مقادیر کمتر از نوع ثانویه بوده‌اند.

در این پژوهش، فقط میانبارهای اولیه ریزدماسنجی شدند. میانبارهای اولیه که طی رشد بلور به دام افتاده‌اند، به صورت پراکنده و مجزا در درون بلورهای کلسیت و باریت دیده می‌شوند. میانبارهای سیال ثانویه در ارتباط با شکستگی‌های موجود در بلورها هستند و به صورت خطی در نمونه‌های مورد بررسی دیده می‌شوند. بر پایه نوع و مقدار فازهای موجود [۲۱]، میانبارهای سیال اولیه به سه دسته میانبارهای سیال تک فازی مایع (L)، میانبارهای سیال تک فازی غنی از گاز (V) و میانبارهای سیال دو فازی مایع-گاز (L+V) تقسیم می‌شوند. میانبارهای دسته‌های اول و دوم در اندازه‌های بسیار کوچک (کمتر از 5μm) در بلورهای کلسیت و باریت (بیشتر باریت) حضور دارند و به شکل‌های بیضوی، کروی و به ندرت منشوری دیده می‌شوند. این دو دسته از میانبارها در کل برای اندازه‌گیری متغیرهای ریزدماسنجی مناسب نبودند. در نمونه‌های بررسی شده، میانبارهای دوفازی (L+V) اغلب غنی از مایع هستند و بیشترین حجم انواع میانبارها را شامل می‌شوند و دارای شکل‌های بی‌قاعده، نامنظم، کروی، کشیده و بیضوی هستند (شکل ۱۰). درجه پرشدگی این میانبارها از ۷۵ تا ۹۸ درصد متغیر است. این نوع میانبارها در اندازه‌های ۵ تا ۳۴ میکرون به صورت پراکنده و منفرد و گاهی به صورت انباشتی و مجزا دیده می‌شوند. ریزدماسنجی برای این نوع میانبارها با اندازه‌های بزرگتر از ۶ میکرون انجام شد. گفتنی است که در بعضی از میانبارهای سیال دو فازی (L+V)، شواهدی از باریک شدگی و نشت نیز دیده شد که به طبع از آنها برای بررسی‌های ریزدماسنجی استفاده نگردید.



شکل ۹ تصاویری از تشکیل کانی فلوئوریت در رگه‌ها همراه با باریت (الف) و تشکیل کانی مالاکیت در رگه‌ها همراه با باریت و دولومیت (ب).



شکل ۱۰ الف تا ث) تصاویری از میانبارهای سیال موجود در کانی‌های کلسیت و باریت ذخیره نیزار، دو فازی غنی از مایع (L) و گاز (V).

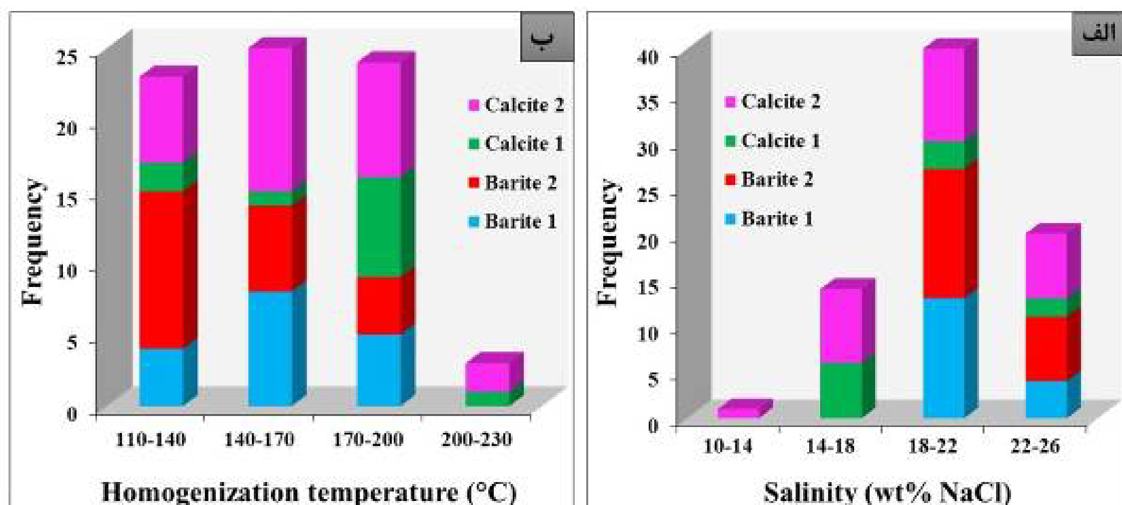
ریزدماسنجی میانبارهای سیال

بر اساس ریزدماسنجی ۷۶ میانبار سیال دو فازی (L+V) در بلورهای کلسیت و باریت در ذخیره نیزار، مقادیر شوری، دمای همگن شدگی، چگالی و دمای ذوب آخرین قطعه یخ اندازه-گیری شدند که نتایج به دست آمده در جدول ۲ و شکل ۱۱ آورده شده است. نتایج ریزدماسنجی میانبارهای سیال اولیه دو فازی مایع-گاز به دست آمده برای دو کانی کلسیت و باریت تفاوت چندانی با هم ندارند. درجه پر شدگی میانبارهای سیال در بلورهای باریت ۷۵ تا ۹۸ درصد (به طور میانگین ۸۸ درصد) و در بلورهای کلسیت ۷۵ تا ۹۵ درصد (به طور میانگین ۸۶ درصد) است. برای محاسبه شوری میانبارهای سیال از دمای ذوب آخرین تکه یخ و معادله بادنر [۲۲] استفاده شد. بر این اساس شوری برای میانبارهای سیال در بلورهای باریت ۱۹٫۶۰ تا ۲۳٫۱۰ (به طور میانگین ۲۱٫۴۳) درصد وزنی معادل نمک طعام و برای میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت ۱۰٫۱۲ تا ۲۳٫۵۰ (به طور میانگین ۱۹٫۲۴) درصد وزنی معادل نمک طعام است. گستره تغییرات دمای ذوب یخ در میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت و باریت به ترتیب از ۲۱٫۱۶- تا ۶٫۷- و از ۲۱٫۲۰- تا ۱۶٫۳۰- درجه سانتی‌گراد بوده که معادل مقادیر شوری‌های یاد شده است. کمترین مقدار چگالی محاسبه شده برای میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت ۰٫۸۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و بیشترین مقدار ۱٫۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. میانبارهای سیال در بلورهای باریت نیز دارای چگالی هایی بین ۰٫۹ تا ۱٫۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده که کمی چگالتر از میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت هستند. دماهای همگن شدگی میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت از ۱۲۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و در میانبارهای سیال موجود در بلورهای باریت از ۱۱۹ تا ۱۹۹ درجه سانتی‌گراد در تغییر هستند.

جدول ۲ نتایج ریزدماسنجی میانبارهای سیال اولیه دوفازی غنی از مایع و گاز ذخیره نیزار.

نمونه	**TM-N2-8**		**TM-N2-7**		**TM-N1-6**		**TM-N1-5**	
نوع کانی	باریت		باریت		کلسیت		کلسیت	
نوع و تعداد میانبار	L+V N=۲۳	اولیه	L+V N=۲۳	اولیه	L+V N=۲۶	اولیه	L+V N=۱۱	اولیه
اندازه (میکرومتر)	۵ تا ۲۸		۱۰ تا ۲۵		۵ تا ۳۴		۸ تا ۲۵	
درجه‌پرشدگی (درصد)	۷۵ تا ۹۸		۷۵ تا ۹۵		۸۰ تا ۹۵		۷۵ تا ۹۵	
Tm (Last) (°C)	۲۱٫۲۰- تا ۱۶٫۶۰-		۲۰٫۷۸- تا ۱۶٫۳-		۲۱٫۱۶- تا ۶٫۷۱-		۱۹٫۹۶- تا ۹٫۳۹-	
Th (L→ V) (°C)	۱۱۹ تا ۱۹۹٫۷۲		۱۲۱٫۱ تا ۱۸۹٫۰۷		۱۲۰٫۴۰ تا ۲۰۹٫۱۴		۱۲۹٫۷۳ تا ۲۲۰٫۰۲	
شوری (معادل درصد وزنی نمک طعام)	۱۹٫۹۲ تا ۲۳٫۱۰		۱۹٫۶۰ تا ۲۲٫۹۱		۱۰٫۱۲ تا ۲۳٫۵۰		۱۳٫۲۹ تا ۲۲٫۳۸	
چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۰٫۹۶ تا ۱٫۱۱		۰٫۹ تا ۱٫۱۱		۰٫۸۶ تا ۱٫۰۸		۰٫۸۱ تا ۱٫۰۵	

[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]
[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]



شکل ۱۱ هیستوگرام تغییرات مقادیر الف) دمای همگن شدگی و ب) شوری میانبارهای سیال ذخیره نیزار.

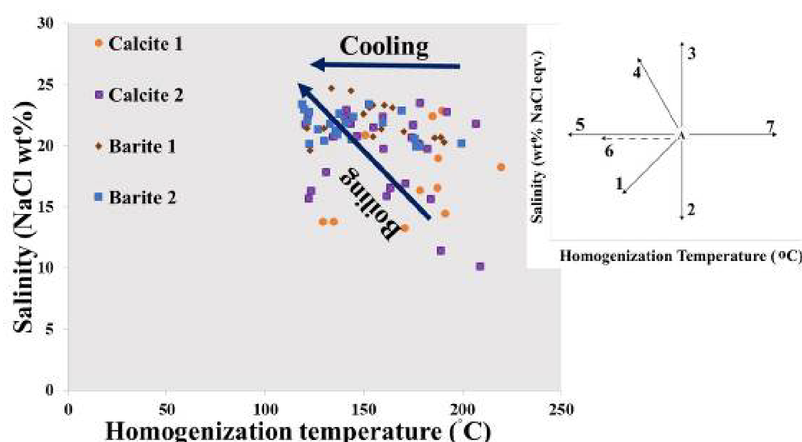
روند توزیع میانبارهای سیال در نمودار دومتغیره دمای همگن شدگی نسبت به شوری میانبارهای سیال (شکل ۱۲) نشان می‌دهد که سرد شدن ساده در برخی موارد بهمراه جوشش مهمترین سازوکار نهشت کانسنگ‌ها طی مراحل کانه زایی بوده است. همچنین، منطقه شوری و دمای همگن شدگی میانبارهای سیال مورد بررسی شباهت قابل توجهی به ترکیب شورابهای سازندی تکامل یافته در حوضه‌های رسوبی گذشته زمین (پرموتریاس) دارند (شکل ۱۳) [۲۲-۲۵]. روند کاهشی و تدریجی دماهای همگن شدگی میانبارهای سیال در بلورهای کلسیت و باریت (شکل ۱۱ الف) از حدود ۲۲۰ درجه سانتیگراد تا حتی کمتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد (چنان که از حضور میانبار های سیال مایع برداشت می‌شود) نشان می‌دهد که فلوئیدهای کانه‌ساز در نیزار حتی در دماهای زیر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز به فعالیت کانه‌زایی خود ادامه داده و برخی هم به احتمال بسیار در مراحلی دچار فرآیند جوشش شده‌اند (برداشت شده از حضور میانبار های سیال تک فاز گازی) این امر توانسته است میزان شوری را از حدود ۱۱٪ به حدود ۲۳٪ افزایش دهد.

یافته‌های زمین‌شناسی، همزیستی میانبارهای سیال (دو فازی غنی از مایع و تک فازی گازی) و روند مسیرها در نمودار تکامل سیال (شکل ۱۲) گویای احتمال رخداد فرآیند جوشش در زمان کانه‌زایی گالن-باریت در کربنات‌های سازند شتری ذخیره نیزار هستند، از این رو، نیازی به تصحیح فشار برای دماهای همگن شدگی به دست آمده نیست [۲۶]. به منظور تعیین فشار سیال در زمان به دام افتادن میانبارهای سیال ذخیره نیزار از نمودار شوری-دمای همگن شدگی [۲۷] (شکل ۱۴) استفاده شد. چنان که دیده می‌شود، فشار بخار در زمان تشکیل سیال های درگیر ذخیره نیزار کمتر از ۵۰ اتمسفر بوده است.

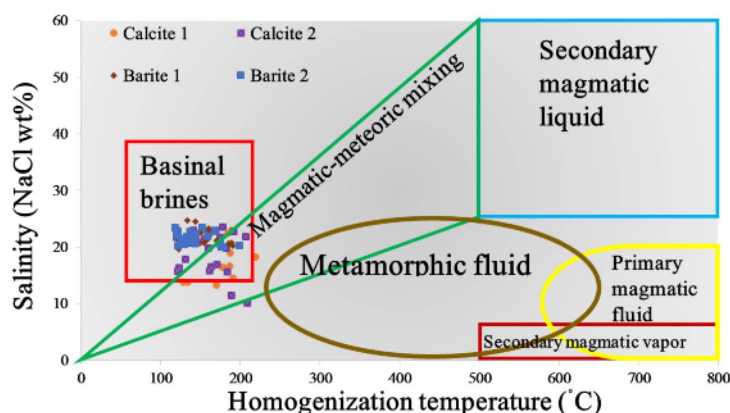
با توجه به شکل ۱۰ به نظر می‌رسد که محلول گرمابی نخست تا دماهای حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و شوری‌های حدود ۲۰٪ وزنی معادل نمک طعام در شکستگی‌های برآمده از گسل خوردگی کربنات‌های سازند شتری در گردش بوده است. سپس در دماهای کمتر از ۱۵۰ درجه سانتی گراد، سیال فرآیند جوشش را تجربه کرده و دمای آن تا حدی کاهش یافته ولی در عوض شوری آن تا حدود ۲۵٪ افزایش یافته است. با در نظر گرفتن رخداد جوشش در دماهای حدود ۱۴۰ درجه سانتی-گراد، فشار وارد بر سیال کانه‌ساز در این زمان از نوع ایستابی و کمتر از ۵۰ بار بوده است. از این رو می‌توان گفت که میانبارهای سیال بررسی شده در منطقه نیزار در عمقی کمتر از ۵۰۰ متری زیر سطح پهنه هوادار به تله افتاده‌اند.

برای شناسایی نوع لیگندهای کمپلکس کننده غالب در حمل فلزها در محلول‌های کانه‌ساز از نمودار دومتغیره شوری نسبت به دمای همگن شدگی [۲۸] (شکل ۱۵) استفاده شد. بر پایه این نمودار، میانبارهای سیال بلورهای کلسیت و باریت ذخیره نیزار در گستره اثر کمپلکس‌های سولفیدی قرار گرفته-اند. بر این اساس، می‌توان گفت که آنیون‌های غالب در نیزار HS^- و SO_4^{-2} بوده و کمپلکس‌های کلریدی در منطقه اثر محسوسی نداشته‌اند.

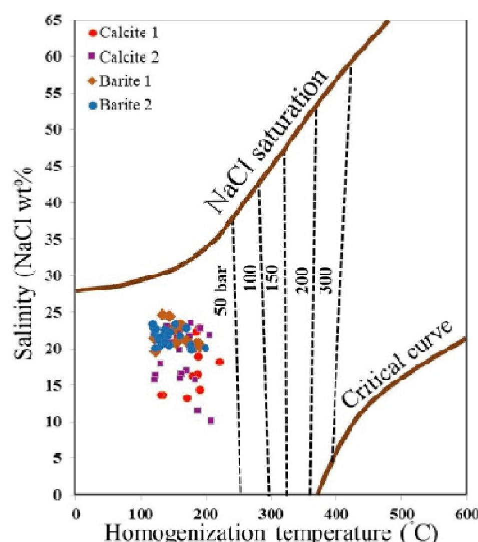
[DOR: 20.1001.1.17263689.1402.31.2.8.1]
[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]



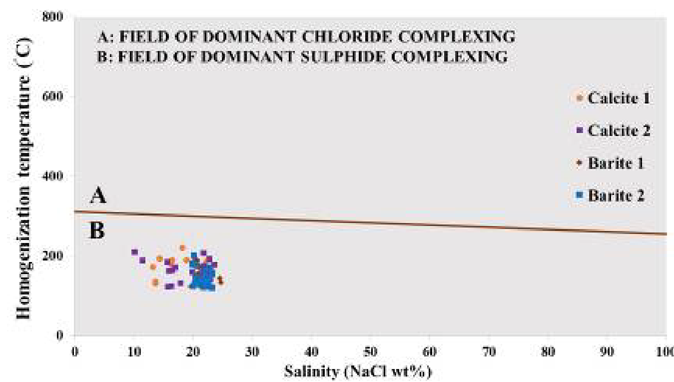
شکل ۱۲ نمودار دو متغیره دمای همگن شدگی در برابر شوری میانبارهای سیال ذخیره نیزار. روندهای محتمل تکامل سیال بر اساس متغیرهای دمای همگن شدگی- شوری: ۱: مخلوط شدگی سیال A با سیال سردتر و شوری کمتر B، ۲ و ۳: آمیختگی سیال A با سیال‌های دیگر با شوری متفاوت و دمای یکسان، ۴: افزایش شوری فاز باقیمانده در اثر جوشش، ۵: سرد شدگی سیال، ۶: باریک‌شدگی میانبارهای سیال و ۷: تراوش میانبارهای سیال در طی گرمایش [۲۹].



شکل ۱۳ نمودار دو متغیره دمای همگن شدگی نسبت به شوری [۲۲] برای تعیین نوع سیال کانه‌ساز در ذخیره نیزار.



شکل ۱۴ نمودار دو متغیره دمای همگن شدگی نسبت به شوری [۲۶] برای ذخایر مختلف که در آن الگوی توزیع یافته‌های مربوط به میانبارهای سیال ذخیره نیزار با منحنی‌های بحرانی و اشباع هالیت مقایسه شده است.

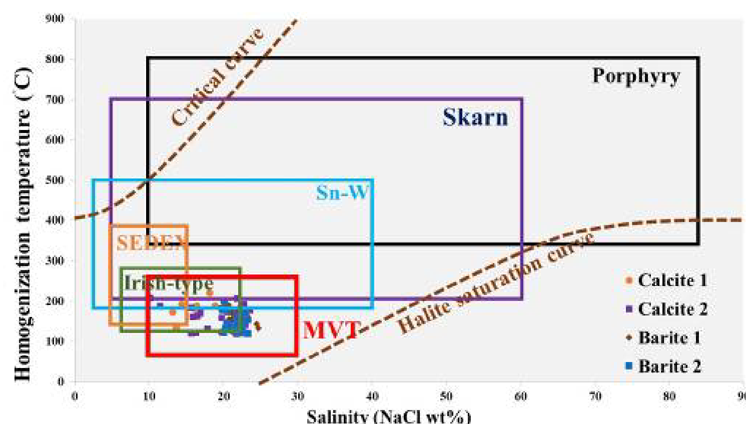


شکل ۱۵ نمودار دو متغیره دمای همگن شدگی نسبت به شوری [۲۸] که براساس قرار گیری یافته‌های ریزدماسنجی ذخیره نیزار در آن، نقش لیگندهای کمپلکس کننده سولفیدی و کلریدی در حمل فلزهای کانسنگی در محلول کانه‌ساز نشان داده شده است.

دمای همگن شدگی کانی‌های کانسنگی ذخایر سرب-روی با میزبان کربناتی ۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و گاهی حدود ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است. با این وجود، دمای همگن شدگی اغلب بین ۹۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد است [۲۹، ۳۰]. یافته های ریزدماسنجی مربوط به ذخیره نیزار در نمودار دومتغیره شوری نسبت به دمای همگن‌شدگی (شکل ۱۶) [۲۰، ۳۱، ۳۲] به همراه جایابی یافته های ریزدماسنجی کانسارهای مختلف در آن نشان می‌دهد که ذخیره نیزار بیشترین شباهت را به ذخایر سرب-روی نوع دره می‌سی‌سی‌پی (MVT) دارد.

مقایسه ویژگی‌های زمین‌شناسی ذخیره نیزار با برخی ذخایر سرب و روی شناخته شده در ایران و جهان

در جدول ۳، ذخیره نیزار همراه با تعدادی از ذخایر سرب و روی شناخته شده با میزبان سنگ رسوبی در ایران و جهان مقایسه شده است [۳۳-۳۸]. در این جدول، ویژگی هایی چون نوع سنگ میزبان، کانی‌شناسی، دگرسانی، بافت، ساخت و شکل ذخیره و همچنین ویژگی های سیال کانه‌ساز ذخیره طرز در پهنه ایران مرکزی، ذخایر گوشفیل و انگوران در پهنه سنندج-سیرجان، ذخایر سرب و روی مراکش، ذخایر سرب و روی حوضه جنوب چین و همچنین ذخایر سرب و روی حوضه ساکسونی آلمان مقایسه شده‌اند. این مقایسه نشانگر تشابه ذخیره نیزار با ذخایر یاد شده از نظر سنگ میزبان، کانی-شناسی، بافت و ساخت و دگرسانی است. سیال کانه‌ساز ذخیره نیزار دمای تقریبی بیشتری نسبت به سیال تشکیل دهنده ذخیره طرز و دمای کمتری نسبت به ذخایر گوشفیل و حوضه چین دارد. افزون بر این، سیال کانه ساز ذخیره نیزار دمایی نزدیک به دمای کانسار انگوران و ذخایر حوضه ساکسونی آلمان را نشان می‌دهد. میزان شوری سیال کانه‌ساز نیزار شبیه ذخیره طرز در ایران مرکزی است. همچنین، شوری سیال کانه‌ساز ذخایر حوضه جنوب چین و کانسار گوشفیل کمتر از ذخیره نیزار است. این در حالی است که ذخایر انگوران و حوضه ساکسونی آلمان سیال کانه‌زای شورتری نسبت به نیزار دارند (جدول ۳).



شکل ۱۶ نمودار دو متغیره دمای همگن شدگی نسبت به شوری [۳۲] برای ذخایر مختلف که در آن موقعیت میانبارهای سیال مورد بررسی نشان داده شده است.

[DOI: 10.61186/ijcm.31.2.319]

جدول ۳ مقایسه ویژگی‌های زمین‌شناسی ذخیره نیزار با برخی از کانسارهای سرب و روی شناخته شده در ایران و جهان.

نام کانسار	ذخایر سرب و روی حوضه جنوب چین	ذخایر سرب و روی مراکش	ذخایر سرب و روی حوضه ماکسونی آلمان	کانسار انگوران	کانسار گوشفیل	کانسار طرز	ذخیره نیزار
سنگ میزبان	دولوستون	سنگ آهک ریفی	دولومیت و آهک دولومیتی	دولومیت و مرمر	دولومیت و شیل	دولوستون و سنگ آهک	دولومیت و آهک دولومیتی
کانی‌شناسی	اسفالریت، گالن و پیریت	گالن، اسفالریت و پیریت	اسفالریت، گالن و پیریت	اسفالریت، گالن و پیریت	اسفالریت، گالن و پیریت	اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت	اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت
شکل کانسار	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران
کانی‌های باطله	دولومیت، کوارتز، کلسیت، فلوئوریت و آپاتیت	دولومیت، کوارتز و کلسیت	دولومیت، کلسیت، فلوئوریت و کوارتز	دولومیت و کوارتز	دولومیت، کوارتز و باریت	کلسیت، دولومیت و کوارتز	دولومیت، کوارتز و کلسیت
دگرسانی	سیلیسی، پیریتی و دولومیتی	دولومیتی، سیلیسی و اکسید آهن	دولومیتی	دولومیتی و سیلیسی	دولومیتی و سیلیسی	دولومیتی و سیلیسی	دولومیتی، سیلیسی و اکسید آهن
بافت و ساخت	پرکننده فضای خالی و شکستگی، جانشینی و افشان	پر کننده فضای خالی، رگه-رگچه ای و برشی	پر کننده فضای خالی، جانشینی، رگچه‌ای و برشی	جانشینی، توده ای، رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی و گل کلمی	جانشینی، پرکننده فضای خالی، پراکنده، و رگچه‌ای	پرکننده فضای خالی، جانشینی و رگچه‌ای	افشان و جانشینی، پرکننده فضای خالی، رگچه ای و گل کلمی
دما و شوری و سیال کانه ساز	دمای ۱۸۵ تا ۲۸۲ درجه سانتی‌گراد و شوری ۳/۴ تا ۱۷،۱۷ درصد وزنی نمک طعام		دمای ۱۲۵ تا ۲۰۸ درجه سانتی‌گراد و شوری ۲۱ تا ۳۲ درصد وزنی نمک طعام	دمای ۱۷۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۳۱ درصد وزنی نمک طعام	دمای ۲۲۳ تا ۳۰۲ درجه سانتی‌گراد و شوری ۹/۵ تا ۱۶/۷ درصد وزنی نمک طعام	دمای ۸۵ تا ۱۹۶ درجه سانتی‌گراد و شوری ۱۸ تا ۲۲/۵ درصد وزنی نمک طعام	دمای ۱۱۹ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۱۰ تا ۲۳ درصد وزنی نمک طعام
منابع	[۳۳]	[۳۴]	[۳۵]	[۳۶]	[۳۷]	[۳۸]	این پژوهش

برداشت

مهمترین نتایج به دست آمده از این پژوهش عبارتند از:

۱- ذخیره نیزار به طور عمده در سنگ‌های کربناتی سازندهای جمال (پرمین) و شتری (تریاس) و در راستای گسل‌هایی با روند شمال شرق- جنوب غرب و شمال غرب- جنوب شرق گسترش یافته است.

۲- سنگ میزبان ذخیره نیزار دستخوش دگرسانی‌های دولومیتی، سیلیسی و دگرسانی‌های مربوط با اکسیدهای آهن شده است. شدت و گسترش دگرسانی‌ها در افق‌های مختلف ذخیره متفاوت است، به طوری که در افق ۱، فرآیند دولومیتی شدن شدید است و در افق ۲، افزون بر دولومیتی شدن، دگرسانی‌های سیلیسی و کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن (هماتیت و گوتیت) گسترش چشمگیرتری دارند.

۳- بافت‌های قابل تشخیص در ذخیره نیزار شامل رگه-رگچه-ای، افشان، جانشینی، پرکننده حفره ها و فضاهای خالی و گل-کلمی هستند.

۴- کانی‌شناسی کانسنگ ها اغلب ساده بوده و شامل کانی‌های سولفیدی چون گالن، اسفالریت، پیریت و کالکوپیریت همراه با کانی‌های باطله و برونزاد مثل کلسیت، دولومیت، باریت، کوارتز، فلوریت، مالاکیت، کوولیت، سروسیت، کوولیت، همی‌مورفیت، هماتیت، گوتیت و اکسید منگنز است. دگرگونی‌های زمین ساختی و به ویژه عملکرد گسل‌ها منجر به تغییرات ثانویه فراوانی در کانی‌های سرب و روی به ویژه گالن شده‌اند.

۵- نتایج ریزدماسنجی میانبارهای سیال از نوع دو فازی غنی از مایع در بلورهای کلسیت و باریت همزمان با رخداد کانه‌زایی نشان می‌دهند که سرد شدن ساده به همراه جوشش سازوکار اصلی کانه‌زایی بوده و شوراب‌های سازندی تکامل یافته در حوضه رسوبی زمان پرموتریاس عامل اصلی تشکیل کانسنگ‌ها بوده‌اند.

۶- بررسی های انجام شده نشان می‌دهند که میانبارهای سیال طی تشکیل ذخیره نیزار در عمقی کمتر از ۵۰۰ متری زیر سطح پهنه هوادار به تله افتاده‌اند و آنیون‌های غالب در نیزار HS^- و SO_4^{-2} بوده‌اند.

۷- براساس کل نتایج بدست آمده از بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، ذخیره نیزار به کانسارهای سرب و روی نوع دره می‌سی‌سی‌پی (MVT) شباهت بسیاری دارد.

قدردانی

این پژوهش با حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه و شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران انجام شده است که نگارندگان به این وسیله نهایت سپاس و

قدردانی خود را همه مسئولین اعلام می‌دارند. نگارندگان، همچنین از نظرات و پیشنهادات سازنده داوران محترم مجله سپاسگزاری می‌نمایند.

مراجع

[1] Goodfellow W. D., Lydon J. W., *"Sedimentary-exhalative (SEDEX) deposits"*, Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication 5 (2007) 163–183.

[2] Leach D. L., Bradley D. C., Huston D., Pisarevsky S. A., Taylor R. D., Gardoll S. J., *"Sediment-hosted lead-zinc deposits in Earth history"*, Economic Geology 105 (2010) 593–625.

[3] Leach D. L., Bradley D. C., Huston D., Pisarevsky S. A., Taylor R. D., Gardoll S. J., *"A deposit model for Mississippi valley-type lead-zinc ores"*, Chapter A of Mineral Deposit Models for Resource Assessment (2010) 1–52.

[4] Wilkinson J. J., *"Sediment-hosted zinc–lead mineralization: Processes and perspectives"*, Treatise on Geochemistry 13 (2014) 219–249.

[5] Rajabi A., Rastad E., Canet C., *"Metallogeny of Cretaceous carbonate hosted Zn–Pb deposits of Iran: Geotectonic setting and data integration for future mineral exploration"*, International Geology Review 54 (2012) 1649–1672.

[6] Rajabi A., Rastad E., Canet C., *"An introduction to metallogeny of Permo-Triassic Carbonate-hosted Zn-Pb and F deposits of Iran: Application for future mineral exploration"*, Australian Journal of Earth Science 60 (2012) 197–216.

[7] Soultani S., Karimpour M. H., Homam M., Haydariyan Shahri M. R., *"Investigation of mineralogy, structure, texture and geochemical natures of Chah-e-Sorb mine, Tabas"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 2 (2016) 231–242 (in Persian).

[8] Karimi Saeedabadi Z., Karimpour M. H., Malekzadeh Shafaroudi A., Rahimi B., "*Investigation of mineralogy, alteration and fluid inclusion in exploration area of Kaviru Pb deposit, northwest of Bushruiyeh, South Khorasan province"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogye 2 (2017) 229–240 (in Persian).

[9] Pirouzi M., Ghaderi M., Rashidnejad-Omran N., Rastad, E., *"New evidences on mineralization, diagenesis and fluid inclusions at Kamar-Mehdi stratabound fluorite deposit, southwest Tabas"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 17 (2009) 83–94 (in Persian).

[10] Ghorbani M., *"Zn-Pb deposits in Iran"*, GSI Publications (2001) 1–480 (in Persian).

[11] Bakker R. J., *"AqSo_NaCl: Computer program to calculate p-T-V-x properties in the H_2O-NaCl fluid system applied to fluid inclusion research and pore fluid calculation"*, Computers and Geosciences 115 (2018) 122–133.

[12] Roedder E., *"Fluid inclusions"*, Reviews in Mineralogy 12 (1984) 1–644.

[13] Shepherd T. J., Rankin A. H., Alderton D. M. H., "*A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*", Glasgow and London (1985) 1–239.

[14] Aghanabati A., *"Geology of Iran"*, GSI Publications (2006) 1–585 (in Persian).

[15] Ruttner A., Nabavi M. H., Iajian J. I., Alavi Naini M., *"Geology of the Shirgesht area (Tabas area, east Iran)"*, GSI Publications (1994).

[16] Bonev I. K., *"Crystal habit of Ag-Sb-and Bibearing galena from the Pb-Zn ore deposits in the Rhodope Mountains, Geochemistry"*, Mineralogy and Petrology Sofia 45 (2007) 1–18.

[17] Hagni R. D., *"Origin of platy galena in the viburnum trend, southeast Missouri"*, GSA North Central Section 47th Annual Meeting (2013).

[18] Ghazban F., Mcnutt R. H., Schwarcs H. P., *"Genesis of sediment-hosted Zn-Pb-Ba deposits in the Irankuh district, Esfahan area, West-Central Iran"*, Economic geology 89 (1994) 1262–1278.

[19] Ridley J., *"Ore Deposit Geology"*, Cambridge University Press, New York (2013) 1–398.

[20] Wilkinson J. J., "*Fluid inclusion in hydrothermal ore deposit*", Lithos 55 (2001) 229–272.

[21] Shepherd T. J., Pankin A. H., Alderton D. H., *"A practical guide to fluid inclusion studies"*, Glasgow Blackie and Son (1985) 1–239

[22] Bodnar R. J., *"Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O-NaCl solutions"*, Geochimica et Cosmochimica Acta 57 (1993) 683–684.

[23] Carpenter A. B., Trout M. L., Pickett E. E., "*Preliminary report on the origin and chemical evolution of lead- and zinc-rich oil field brines in Central Mississippi*", Economic Geology 69 (1974) 1191–1206.

[24] Kesler S. E., Martini A. M., Appold M. S., Walter L. M., Huston T. J., Furman F. C., *"Na-Cl-Br systematic of fluid inclusions from Mississippi Valley-type deposits, Appalachian Basin:* Constraints on solute origin and migration paths", Geochimica et Cosmochimica Acta 60 (1996) 225–233.

[25] Viets J. G., Hofstra A. H., Emsbo P., *"Solute composition of fluid inclusions in sphalerite from North American and European Mississippi Valley-type ore deposits: Ore fluids derived from*

the origin of early Cambrian carbonate-hosted Pb-Zn deposits in South China: A case study of the Maliping Pb-Zn deposit", Gondwana Research (2018) 88-103.

[34] Sosnicka M., Luders V., *"Super-deep, TSR-controlled Phanerozoic MVT type Zn-Pb deposits hosted by Zechstein reservoir carbonate, Lower Saxony Basin, Germany"* Chemical Geology 508 (2019) 62-77.

[35] Choulet F., Charles N., Barbanson L., Branquet Y., Sizaret S., Ennaciri A., Badra L., Chen, Y., *"Non-sulfide zinc deposits of the Moroccan high atlas: Multi-scale characterization and origin",* Ore Geology Reviews 56 (2014) 115–140.

[36] Forouzesh A., Bonyadi Z., *"Application of mineral chemistry to mineralization and alteration evaluation in Zn-Pb Angouran deposit, Zanjan"* Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 30 (2022) 207-222 (in Persian).

[37] Saboori M., Karimpour M. H., Malekzadeh Shafaroudi A., *"Mineralogy, ore chemistry, and fluid inclusion studies in Gushfil Pb-Zn deposit, Irankuh mining district, SW Isfahan"* Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 26 (2019) 857-870 (in Persian).

[38] Aminzadeh B., *"Mineralization and Fluid Inclusion Studies in the Tarz Carbonate-Hosted Pb-Zn Deposit, Central Iran ",* Journal of Economic Geology 11 (2019) 387-401 (in Persian).

evaporated seawater", Society of Economic Geologists Special Publication 4 (1996) 465–482.

[26] Roedder E., Bodnar R. J., *"Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies"*, Earth and Planetary Sciences 8 (1980) 263-301.

[27] Shepherd T. J., Rankin A. H., Alderton D. H., *"A practical guide to fluid inclusion studies"*, Blackie, Glasgow (1985) 239p.

[28] Pirajno F., *"Hydrothermal processes and mineral systems"*, Springer Science, New York (2009) 1273p.

[29] Basuki N. I., Spooner E. T. C., *"A review of fluid inclusion temperatures and salinities in Mississippi Valley-type Zn-Pb deposits: Identifying thresholds for metal transport"*, Exploration and Mining Geology 11 (2004) 1–17.

[30] Leach D. L., Sangster D. F., Kelley K. D., Large R. R., Garven G., Allen C. R., Gutzmer J., Walters S., *"Sedimenthosted lead-zinc deposits: A global perspective"*, Economic Geology 100th Anniversary Volume (2005) 561–607.

[31] Wilkinson J. J., Boyce A. J., Everett C. E., Lee M. J., *"Timing and depth of mineralization in the Irish Zn-Pb ore field. In: Europe's Major Base Metal Deposits (Eds. Kelly JG., Andrew C.J., Ashton J.H.*, Dublin*)"*, Irish Association for Economic Geology (2003) 483–497.

[32] Wilkinson J. J., "*Sediment-hosted zinc–lead mineralization: Processes and perspectives"*, Treatise on Geochemistry 2nd Edition London (2014) 219–249.

[33] Luo K., Zhou J. X., Huang Z. L., Wang Z. C., Wilde, A. A., Zhou W., Tian L., *"New insights into*